



مقایسه انرژی ورودی، خروجی و پتانسیل گرمایش جهانی مزارع جو دیم در مزارع نیمه شور شمال شهرستان گرگان

محمد تقی فیض بخش^{۱*}، محجوبه محمدزاده چالی^۲

۱- بخش تحقیقات زراعی باغی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، گرگان، ایران

۲- گروه زراعت، دانشکده تولیدات گیاهی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران

تاریخ دریافت: ۹۵/۹/۲۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱/۳۱

چکیده

در سال‌های اخیر ارزیابی انرژی ورودی و خروجی و پتانسیل گرمایش جهانی در بین محققان بخش کشاورزی جایگاه ویژه‌ای پیدا کرده است. جهت انجام این بررسی از طریق مصاحبه با کشاورزان مختلف (۸۳ کشاورز) پرسشنامه‌هایی تکمیل گردید. اطلاعات مربوط به ماشین‌آلات، نهاده‌های ورودی شامل بذر، کود، سوخت و سموم بوسیله‌ی پرسشنامه جمع‌آوری شد. سپس میزان مصرف سوخت، میزان انرژی ورودی و خروجی، شاخص‌های ارزیابی انرژی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر حسب معادل دی‌اکسیدکربن محاسبه شد. نتایج نشان داد که بیشترین انرژی ورودی مستقیم در مزرعه جو ۴۶/۸ مربوط به مصرف سوخت می‌باشد و نیز در بخش انرژی ورودی غیرمستقیم بیشترین مقدار ۹/۱ برای مزرعه جو دیم مربوط به کود نیتروژن بدست آمد. نسبت انرژی خروجی به ورودی در جو دیم ۵/۳ محاسبه شد. همچنین میزان پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع جو دیم ۷۳۹/۱ بدست آمد. نتایج نشان داد که افزایش مصرف سوخت و کود باعث افزایش میزان انرژی ورودی در جو و نیز افزایش تولید گازهای گلخانه‌ای خواهد شد. بنابراین استفاده از ماشین‌آلات و ادوات کارآمدتر که باعث کاهش مصرف سوخت می‌شود و نیز رعایت تناوب زراعی مناسب و استفاده از کودهای آلی می‌تواند باعث کاهش انرژی مصرفی، افزایش بازده انرژی و نیز کاهش پتانسیل گرمایش جهانی در مزرعه جو دیم شود.

واژه‌های کلیدی: انرژی ویژه، انرژی غیرمستقیم، سوخت، عملیات زراعی

* نگارنده مسئول: (feyz_54@yahoo.com)

مقدمه

بر اساس آخرین آمار سطح زیر کشت کل محصولات زراعی ایران ۱۱/۳ میلیون هکتار بوده که از این میزان حدود ۸/۱۷ میلیون هکتار به کشت غلات اختصاص پیدا کرده است که سهم جو ۱۷/۵۵ درصد است (دفتر آمار و اطلاعات کشاورزی، ۱۳۹۴). این آمار اهمیت گیاهان نامبرده در کشاورزی ایران را نشان می‌دهد. بر اساس آخرین آمار کل سطح زیر کشت جو در استان گلستان ۹۲ هزار هکتار است که ۷۴ هزار هکتار آن آبی و ۱۸ هزار هکتار دیم می‌باشد (دفتر آمار و اطلاعات کشاورزی ۱۳۹۴).

در سال‌های اخیر مصرف انرژی در کشاورزی شدیداً افزایش پیدا کرده و کشاورزی مدرن در زمینه‌ی انرژی بسیار پرمصرف شده است. بیشتر انرژی مصرفی برای تولید محصولات کشاورزی به دلیل استفاده از نهاده‌هایی مانند: ماشین‌آلات، سوخت‌های فسیلی، کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها است که استفاده نامناسب از این نهاده‌ها ضمن پائین آوردن کارایی مصرف انرژی در تولید، باعث ایجاد مشکلاتی برای سلامتی انسان و محیط زیست نیز می‌شود. در حال حاضر به دلیل بحران انرژی در جهان ضرورت مطالعه بیشتر در زمینه‌ی مصرف انرژی و یافتن راهکارهایی برای مصرف بهینه‌ی آن احساس می‌شود (Darlington, 1997).

انرژی را توانایی انجام کار تعریف کرده‌اند. با توجه به نیاز روزافزون انرژی در جهان امروز، قیمت بالا و محدودیت منابع انرژی و نیز اثرات

استفاده نامتعارف و بیش از حد از انرژی در انتشار گازهای گلخانه‌ای و نیز تسریع در روند گرم شدن کره زمین، امروزه مقوله انرژی در تمام زیر ساخت‌های اقتصاد اعم از صنعت، خدمات و کشاورزی به یکی از مهم‌ترین مباحث فراروی محققان و دانشمندان تبدیل شده است (عبدالله پور، ۱۳۸۸). به‌طور کلی منبع انرژی برای تولید غذا به دو شکل انرژی اکولوژیکی و انرژی زراعی است. انرژی اکولوژیکی شامل انرژی خورشیدی است که منبع انرژی برای تولید بیوماس محسوب می‌شود و انرژی زراعی، انرژی عرضه شده توسط انسان برای بهینه‌سازی تولید بیوماس در اکوسیستم‌های زراعی است. انرژی زراعی به دو شکل انرژی صنعتی و انرژی بیولوژیکی تفکیک می‌شود. انرژی صنعتی، انرژی زراعی حاصل از منابع غیر زنده مانند: الکتریسیته، نفت، گازوئیل و گاز طبیعی می‌باشد. انرژی زراعی بیولوژیکی نیز از منابع انسانی مانند نیروی کار انسان، نیروی کار دام و کود حیوانی تأمین می‌شود (نصیری محلابی و همکاران، ۱۳۸۰). انسان برای دستیابی به انرژی مورد نیاز خود، به استفاده از منابع فسیلی که در دسترس و ارزان قیمت هستند، روی آورده است. این نوع منابع ۹۵ درصد از انرژی مصرفی جهان را تشکیل می‌دهد. بالا رفتن مصرف انرژی فسیلی باعث آلوده شدن هوا و تغییرات کلی در آب و هوای کره زمین می‌گردد. بر اساس مقیاس جهانی کشاورزی در حدود پنج درصد از کل انرژی سوخت‌های فسیلی را مصرف می‌کند. انرژی

سوم را در مصرف انرژی داشتند (عبدالله پور و همکاران، ۱۳۸۸).

نتایج نشان داد استفاده از ماشین‌آلات و کودهای شیمیایی باعث افزایش مصرف سوخت های فسیلی می‌شود، در صورتی که نیروی انسانی از جایگزین خوبی برخوردار است (Erdel *et al.*, 2005).

مواد و روش‌ها

جهت انجام این پژوهش اقدام به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز شد. بر همین به منظور مصاحبه برای گیاه جو ۸۳ کشاورز انتخاب گردید که از طریق تکمیل پرسشنامه در محدوده شهرستان گرگان اقدام به جمع‌آوری داده‌های مورد نیاز ماشین‌آلات و نهاده‌های مصرفی شامل بذر، کود، سوخت و سموم در محصول جو دیدم شد. پس از این مرحله داده‌ها توسط نرم‌افزار اکسل در سه بخش مصرف سوخت، انرژی سوخت مصرفی و پتانسیل گرمایش جهانی ناشی از انتشار گازهای گلخانه‌ای بر مبنای معادل دی‌اکسیدکربن محاسبه گردید.

متغیر نیروی انسانی، از مجموع ساعات نیروی کارگری که صرف عملیات‌های مختلف زراعی از جمله شخم، دیسک، تسطیح، مرزبندی، کاشت بذر، کودپاشی، سم‌پاشی، برداشت و حمل و نقل می‌شود، محاسبه شد. این عدد در معادل انرژی آن یعنی عدد ۱/۹۶ مگاژول ضرب و مقدار انرژی نیروی انسانی بر حسب مگاژول در هکتار برای هر دو منطقه به دست آمد. نهاده ماشین

زراعی صنعتی به دو شکل انرژی مستقیم و انرژی^۱ غیر مستقیم^۲ می‌باشد (Nassiri & Singh, 2008) نقش حیاتی انرژی در توسعه بخش‌های مهم اقتصادی از قبیل صنعت، حمل و نقل و کشاورزی، پژوهش‌گران را به مطالعه در عرصه مدیریت بر مصرف انرژی واداشته است (Strapatsa *et al.*, 2006). جریان انرژی برای تولید سیب در یونان را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد انرژی ورودی ۵۰/۷ گیگاژول در هکتار و انرژی خروجی ۱۱۸/۵ گیگاژول در هکتار می‌باشد. در تحقیقی که توسط Rathke *et al.* (2003) با هدف توازن انرژی در کشت کلزای زمستانه از طریق فراهمی نیتروژن محصول قبلی در مناطق خشک آلمان انجام شد، مشخص گردید که انرژی ورودی در طول سال متغیر و بین ۷/۴۲ تا ۱۶/۱ گیگاژول در هکتار حاصل شد. احمدی و همکاران (۱۳۹۰) مصرف انرژی در زراعت پنبه در استان گلستان را تجزیه و تحلیل کردند. نتایج نشان داد که سهم نهاده های مختلف در انرژی مصرفی در تولید پنبه استان متفاوت بود. سوخت تراکتور و سوخت موتور پمپ به ترتیب سهمی برابر با ۲۴ و ۳۰ درصد را به خود اختصاص دادند و به طور کلی ۵۴ درصد انرژی مصرفی در تولید پنبه مربوط به سوخت گازوییل بود. کودها با ۲۴ درصد و مواد شیمیایی با ۱۳ درصد نیز به ترتیب رتبه دوم و

1 - Direct Energy
2- Indirect Energy

از مجموع انرژی سوخت، مواد شیمیایی، کودشیمیایی و ماشین‌آلات و انرژی تجدیدپذیر از مجموع نیروی کار، بذر، کود دامی، محاسبه شد. برای برآورد مقدار مصرف سوخت ماشین‌آلات به تفکیک، عملیات زراعی مشخص شدند. از رابطه (۱) بین میزان سوخت براساس مدت زمان کارکرد ماشین‌آلات بر حسب ساعت در هکتار (FH) و سوخت مورد نیاز یک ساعت کار تراکتور بر حسب لیتر در ساعت T میزان سوخت مصرفی FT تعیین شد (سلطانی و همکاران، ۲۰۱۳).

$$FT = T \times FH \quad (1) \text{ رابطه}$$

برای برآورد مقدار مصرف انرژی در نهاده‌های مصرفی مثل کود، آفت‌کش‌ها، حشره‌کش‌ها میزان انرژی هر گرم ماده مؤثره در ضرایب مربوطه و وزن مخصوص آن‌ها ضرب گردید. سایر محاسبات انرژی مصرفی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در تولید و عملیات زراعی برای هر یک از روش‌ها با استفاده از ضرایب به دست آمده از منابع مختلف انجام شد.

انتشار گازهای گلخانه‌ای منجر به پدیده‌ی تغییر اقلیم و گرم شدن جهانی شده است. مهم ترین گازهای گلخانه‌ای در کشاورزی شامل دی اکسیدکربن (CO₂)، اکسید نیتروژن (N₂O) و متان (CH₄) می‌باشند که باعث گرم شدن جو زمین می‌شوند. پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) عبارت است از جمع گازهای گلخانه‌ای تولید شده که به صورت معادل CO₂ بیان می‌شود (IPCC، ۱۹۹۶؛ با اقتباس از رجبی (۱۳۸۹)). در این تحقیق برای محاسبه GWP، تولید گازهای CO₂

آلات به عنوان یکی از متغیرهای ورودی به مزرعه شامل ساعات کار ماشین‌آلات و ادوات مورد استفاده از کاشت تا برداشت، مانند ماشین‌آلات و ادوات مورد نیاز برای شخم و آماده سازی زمین، داشت و برداشت محصول و مقدار گازوئیل و روغنی که جهت سوخت ماشین‌آلات مختلف برای شخم، کاشت، کوددهی، برداشت و نیز حمل و نقل در یک هکتار مزرعه جو دیم مورد استفاده قرار می‌گیرد. یکی از مهم ترین متغیرهای ورودی به بوم نظام‌های کشاورزی کودهای شیمیایی است. از کودهای شیمیایی مورد استفاده در مزارع این دو محصول می‌توان به نیتروژن، فسفات و پتاسیم اشاره کرد.

مقادیر مصرف سموم کشاورزی شامل علف کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و حشره‌کش‌ها مورد استفاده در مناطق مورد مطالعه نیز جمع آوری شد و تحت متغیر مواد شیمیایی ارزیابی شد. مقدار بذر مصرفی در هر هکتار مزرعه جو دیم نیز ثبت و پس از ضرب در واحد تبدیل آن به صورت مگاژول در هکتار محاسبه شد.

انرژی ورودی کل از مجموع انرژی‌های نیروی کار، ماشین‌آلات، سوخت، کودهای شیمیایی و دامی، سموم، بذر، کود شیمیایی و آبیاری محاسبه شد. انرژی خروجی کل نیز از برآورد مجموع انرژی عملکرد دانه و کاه و کلش محاسبه شد. انرژی غیر مستقیم شامل، انرژی مصرف شده در بذر، کود، سموم شیمیایی و ماشین‌آلات است، در حالی که انرژی مستقیم شامل نیروی کارگری و سوخت می‌باشد. همچنین انرژی تجدید ناپذیر

که در آن EP بهره‌وری انرژی (کیلوگرم بر مگاژول)، GY عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) و EI مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

عملکرد انرژی خالص

$$NEY=EO-EI \quad (۵)$$

که در آن NEY عملکرد انرژی خالص (مگاژول در هکتار)، EO مجموع انرژی‌های خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

پتانسیل گرمایش جهانی به صورت زیر

محاسبه شد:

۱- برآورد انرژی مصرفی هر یک از نهاده‌ها و عملیات؛

۲- محاسبه میزان مصرف انرژی برای هر نهاده و عملیات از منابع مختلف یعنی الکتریسیته، گازوئیل، گاز طبیعی، نفت و روغن با لحاظ نسبت هر یک از این انرژی‌ها (Tzilivakis *et al.*, 2005)؛

۳- محاسبه مقدار سه گاز گلخانه‌ای CO₂، N₂O و CH₄ تولید شده از حاصل ضرب میزان انرژی مصرفی و ضرایب تولید هر گاز به ازای هر ژول انرژی مصرفی از هر منبع (DCC، 2008؛ با اقتباس از رجبی، ۱۳۸۹).

با توجه به توان متفاوت گازهای CH₄ و N₂O در ایجاد گرمایش جهانی، کل گازهای گلخانه‌ای تولیدی به صورت معادل CO₂ محاسبه شدند.

CH₄ و N₂O ناشی از مصرف انرژی در عملیات‌های مختلف از قبیل تولید کودهای نیتروژن، فسفر و پتاسیم، تولید سموم شیمیایی، مصرف سوخت‌های فسیلی جهت انجام عملیات زراعی، تولید ماشین‌آلات زراعی، آبیاری و حمل و نقل در نظر گرفته شد.

با برآورد کل انرژی‌های ورودی و خروجی شاخص‌های ارزیابی انرژی شامل نسبت یا کارایی انرژی، بهره‌وری انرژی، انرژی ویژه و انرژی خالص برای هر روش کاشت با استفاده از روابط تعریف شده زیر محاسبه شد (Hatirli *et al.*, 2008; Soltani *et al.*, 2009; Soltani *et al.*, 2013).

نسبت یا کارایی انرژی (بدون واحد)

$$ER=EO/EI \quad (۲)$$

که در آن ER نسبت یا کارایی انرژی عددی است بدون واحد، EO مجموع انرژی‌های خروجی از مزرعه (مگاژول در هکتار) و EI مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) می‌باشد.

انرژی ویژه

$$SE=EI/GY \quad (۳)$$

که در آن SE انرژی ویژه (مگاژول در کیلوگرم)، EI مجموع انرژی‌های ورودی به مزرعه (مگاژول در هکتار) و GY عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) می‌باشد.

بهره‌وری انرژی

$$EP=GY/EI \quad (۴)$$

نتایج و بحث

مقادیر ورودی‌های مختلف برای جو در جدول (۳) آورده شده است. سوخت با مقدار ۱۳۰ لیتر در هکتار برای جو دیم در رتبه دوم قرار گرفت. سوخت مصرفی به عنوان یکی از ورودی‌های انرژی برای عملیات آماده‌سازی زمین، عملیات زراعی و حمل و نقل استفاده می‌شود. نتایج این تحقیق نشان داد که این مقدار نهاده در محصول مورد مطالعه تقریباً بالاست. علت بالا بودن میزان سوخت مصرفی در این مزارع می‌تواند به دلیل استفاده از ماشین‌ها و ادوات غیر کارآمد و با استهلاک بالا و نیز عدم استفاده از کمبینات‌ها باشد.

به طور کلی مقادیر، انواع و درصد انرژی سوخت مصرف شده در عملیات‌های مختلف کشاورزی در گیاهان زراعی و کشورهای مختلف متفاوت است. این موضوع به علت شرایط اقلیمی، بوم‌شناختی و زراعی متفاوت این کشورهاست. استفاده زیاد سوخت‌های فسیلی در کشاورزی از حدود ۷۰ سال پیش شروع شده و همچنان ادامه دارد. ضرورت پیدا کردن مواد سوختنی دیگری به جای سوخت‌های فسیلی حتی برای کشورهای صادرکننده هم وجود دارد (کوچکی و حسینی، ۱۳۸۰). این موضوع زمانی اهمیت بیشتری پیدا می‌کند که حتی در بعضی از کشورها سیاست‌های تأثیرگذار بر بخش کشاورزی، به طور مستقیم تحت تأثیر قیمت سوخت قرار می‌گیرند، به طوری که درستی این مطلب، در کشور ترکیه تأیید شد (Sayin et al., 2005) نتایج بررسی اثر شخم در

ارزیابی انرژی در تناوب ذرت - سویا در شرق آلمان نشان داد، شخم با گاوآهن برگردان‌دار با ۸/۷۲ گیگاژول در هکتار بیشترین مصرف انرژی و به دنبال آن شخم با چیزل ۷/۸۳، دیسک تاندوم ۷/۶۵ و تیمار بدون شخم ۷/۳۴ گیگاژول در هکتار مصرف انرژی را به خود اختصاص دادند (Rathke et al., 2006). در تحقیقی مشابه نیز مشاهده گردید، انرژی ورودی سوخت دیزل با ۴۵/۱۵ درصد بیشترین سهم را از کل انرژی‌های ورودی به خود اختصاص داد (Tipi et al., 2009). یکی از روش‌های کاهش مصرف سوخت و بهینه‌سازی آن استفاده از ادوات زراعی مناسب و جدید مانند دستگاه چندکاره (کمبینات) است. این دستگاه تردد مکرر تراکتور و ادوات متصل به آن را در مزرعه کاهش داده و در نتیجه از ایجاد لایه غیرقابل نفوذ در خاک جلوگیری کرده و منجر به کاهش استهلاک تراکتور و مصرف سوخت می‌شود (رجبی و همکاران، ۱۳۹۱). اصولاً پیروی از نظام‌های کشاورزی پایدار و رعایت اصول کم‌خاک‌ورزی از جمله شخم کاهش یافته، می‌تواند از راه‌کارهای کاهش مصرف بالای سوخت در کشاورزی باشد. گزارش شده که کاهش عملیات خاک‌ورزی تا ۵۵ درصد مصرف سوخت را بدون کاهش عملکرد کاهش می‌دهد (Bonari et al., 1995). از طرفی دیگر نوع ادوات و ماشین‌آلات نیز از نظر مصرف سوخت متفاوت هستند. تراکتورهای جاندیر ۳۱۴۰ و رومانی ۶۵۰ بیشترین مصرف سوخت و انرژی را در مقایسه با سایر تراکتورها در هنگام انجام عملیات زراعی دارند (قه‌دربیجانی و همکاران، ۱۳۸۸).

جدول (۴) مقادیر انرژی ورودی سیستم زراعی برحسب مگاژول در هکتار را نشان می‌دهد. میزان بذر مصرفی نیز به نوع استفاده از ماشین‌های کاشت بستگی دارد. عواملی مانند خاک‌ورزی و آماده‌سازی مناسب زمین جهت کشت و نیز استفاده از ماشین‌های کارآمد کاشت می‌تواند در میزان بذر مصرفی موثر باشد.

همچنین علف‌کش با پنج درصد در جو دیم کمترین سهم انرژی ورودی به سیستم زراعی این محصولات داشت. در جدول (۵) انرژی مصرفی در روش‌های مختلف به دو بخش انرژی مصرفی مستقیم و غیر مستقیم تقسیم بندی شده و برآورد گردیده است. در بخش انرژی مصرفی مستقیم، انرژی سوخت مصرفی عملیات زراعی و نیروی انسانی ارائه شده است. انرژی سوخت مصرفی عملیات زراعی شامل انرژی مورد نیاز در مراحل شخم، دیسک، تسطیح، بذرکاری و کودپاشی می‌باشد. در بخش انرژی مصرفی غیر مستقیم، انرژی مورد نیاز برای تهیه و ساخت کود نیتروژن، کود فسفر، علف‌کش، بذر و وزن ماشین آلات مورد استفاده قرار گرفته است. جدول (۵) نشان می‌دهد که بیشترین انرژی ورودی مستقیم در مزارع جو دیم مربوط به سوخت می‌باشد که مقادیر آن به ترتیب ۳۸/۷ و ۴۶/۸ درصد بدست آمد. سهم بالای سوخت در انرژی ورودی این مزارع می‌تواند به دلیل استفاده از ادوات و ماشین آلات فرسوده و با بهره‌وری کم باشد و نیز علاوه بر آن استفاده مکرر و جداگانه از ماشین‌آلات جهت هر عملیات زراعی به‌خصوص آماده سازی

زمین و کشت نیز باعث افزایش میزان سوخت مصرفی شود. همچنین بیشترین انرژی ورودی غیرمستقیم نیز مربوط به کود نیتروژن با مقدار ۱۹/۳ درصد برای جو دیم بود. یک عامل اصلی در افزایش مصرف انرژی در اغلب مزارع مربوط به مصرف کودهای شیمیایی است. بیشتر این افزایش در کشورهای پیشرفته صورت گرفته است. در بسیاری از گزارش‌ها بیشترین انرژی ورودی به مزارع مربوط به کودهای شیمیایی از جمله کود نیتروژن اعلام شده است. استفاده از الگوی کشت بهینه و تناوب زراعی مناسب، استفاده از ریزجانداران آزادکننده عناصر غذایی، کود دامی، کود سبز و کودهای آلی می‌تواند به کاهش وابستگی بوم نظام‌های کشاورزی به نهاده های شیمیایی کمک کند.

انجام آزمایش‌های کامل تجزیه خاک در مزارع، می‌تواند قدم مؤثری در تعیین وضعیت حاصلخیزی خاک از نظر مواد غذایی باشد.

جدول (۶) نشان می‌دهد نسبت انرژی خروجی به ورودی در مزارع جو دیم ۵/۳ می‌باشد که این امر مؤید راندمان انرژی پایین در جو دیم است که علت آن می‌تواند افزایش روز افزون انرژی ورودی به مزارع در قالب سوخت و کودهای شیمیایی.

به‌طور کلی نیاز به انرژی در عملیات زراعی بستگی به درجه تغییر در بوم نظام‌های طبیعی دارد. باید توجه داشت که اصولاً طبیعت همیشه در جهت افزایش تولید ناخالص عمل می‌کند ولی انسان با دخالت در نظام‌های طبیعی سعی در افزایش تولید خالص دارد (کوچکی و همکاران،

(۱۹۹۹). کشت مداوم یک محصول در یک زمین علاوه بر کاهش عملکرد محصول به علت تخلیه عناصر غذایی باعث هجوم علف‌های هرز، آفات و بیماری‌ها می‌شود که هجوم این عوامل کشاورز را ناگزیر به استفاده بیشتر از نهاده‌های مصرفی می‌کند که این امر علاوه بر کاهش کارایی انرژی باعث افزایش آلودگی‌های زیست محیطی می‌شود. در مجموع استفاده از ارقام پرمحصول، سامانه‌های کشت فشرده، افزایش مصرف کودها و سموم شیمیایی و سطح بالای مکانیزاسیون کشاورزی، سبب افزایش مصرف انرژی در کشاورزی مدرن شده است (Singh et al., 2004). (Morno et al (2011). طی ۱۵ سال با ارزیابی جریان انرژی در تناوب های زراعی بر مبنای جو در نظام‌های مختلف کشت متداول، حفاظت شده و ارگانیک (در منطقه نیمه خشک کاستیلا لامانچا در مرکز اسپانیا)، به این نتیجه رسیدند که نظام کشت ارگانیک دارای انرژی ورودی کمتر و کارایی مصرف انرژی بالاتری نسبت به دو نظام دیگر است در بین تناوب‌های زراعی تناوب جو - ماشک تحت نظام کشت ارگانیک، دارای بیشترین نسبت انرژی خروجی به ورودی و کمترین مقدار آن در تناوب کشت جو - جو در نظام کشت متداول به دست آمد (Morno et al., 2011).

برای افزایش کارایی مصرف انرژی دو راه کار کلی قابل تصور است. افزایش خروجی‌ها و کاهش منطقی نهاده‌ها، به طوری که دستیابی به عملکرد قابل قبول را مختل نسازد (احمدی و آقا علیخانی،

۱۳۹۰). بازده انرژی خالص در مزارع جو دیم ۵۰۸۰۴/۵ برآورد شد. میزان بهره‌وری انرژی برای گیاهان مختلف زراعی در منابع ۰/۱۹ برای جو، یک برای گوجه فرنگی، ۰/۰۶ برای کتان، ۱/۵۳ برای چغندر قند گزارش شده است (Erdal et al., 2007). بهره‌وری انرژی نسبت به کارایی مصرف انرژی پارامتر تقریباً مناسب‌تری برای مقایسه دو منطقه مختلف از نظر تولید یک گیاه می‌باشد. زیرا اختلاف در میزان کارایی انرژی هم می‌تواند به دلیل تفاوت در انرژی ورودی وهم تفاوت در عملکرد باشد که این مسئله اندکی قضاوت را مشکل خواهد ساخت. اما شاخص بهره‌وری انرژی، نسبت عملکرد تولیدی بر حسب کیلوگرم را به انرژی مصرفی محاسبه کرده و تفاوت دو منطقه را بهتر نشان می‌دهد.

میزان انرژی ویژه برای جو دیم ۶/۰۴ بدست آمد (Canakci et al., 2005). انرژی ویژه عکس بهره‌وری انرژی است، لذا مقادیر کمتر آن نشان می‌دهد که انرژی کمتری به ازای تولید هر واحد عملکرد مصرف می‌شود. بنابراین تولید جو دیم نسبت به جو آبی انرژی کمتری صرف خواهد کرد. جدول (۷) پتانسیل گرمایش جهانی بر حسب معادل کیلوگرم CO₂ در هکتار را نشان می‌دهد. بیشترین پتانسیل گرمایش جهانی در مزارع جو دیم مربوط به سوخت می‌باشد که در مزارع جو سهمی معادل ۵۲/۰۷ درصد را دارا می‌باشد. همچنین در هر دو سطح بهره‌برداری بیشترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای از کود نیتروژن به دست آمد و کمترین میزان تولید گازهای گلخانه

در کشاورزی بسیار افزایش یافته است. با وجود آنکه کشاورزی به عنوان یک منبع تولید انرژی خالص مطرح است ولی در موقعیت کنونی، انرژی مصرفی برای تولید بیش از انرژی به دست آمده از آن است. مصرف بیش از حد منابع غیرقابل تجدید در سیستم‌های رایج کشاورزی و اثرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی آنها بر خاک به همراه اثرات جانبی دراز مدتی که بر اکوسیستم می‌گذارند، باعث عدم پایداری سیستم‌های کشاورزی می‌شود. بخش کشاورزی یکی از منابع مهم در انتشار گازهای گلخانه‌ای و گرمایش جهانی ناشی از آن و در نتیجه تغییر اقلیم می‌باشد، بنابراین لازم است که با توسعه تکنولوژی به منظور طراحی سیستم‌های مطلوب نظیر کشاورزی ارگانیک و ارائه راهکارهایی که به کاهش انتشار گازهای گلخانه‌ای در کشاورزی کمک می‌کند، توجه نمود. همچنین با در نظر گرفتن سیاست‌های ویژه از سوی سیاستمداران، در جهت ایجاد سیستم‌های تولید کارا تر و دوستانه‌تر با محیط زیست اقدام گردد (سلطانی و همکاران، 2013).

ای مربوط به کود پتاسیم بود. این امر بیانگر آن است که بخش‌هایی که دارای بیشترین مصرف سوخت بودند، بیشترین میزان تولید گازهای گلخانه‌ای و در نتیجه پتانسیل گرمایش جهانی را به خود اختصاص دادند.

همچنین با توجه به این که افزایش در مصرف نهاده‌ها بر افزایش در تولید محصولات پیشی گرفته است و در نهایت سبب کاهش کارایی انرژی در بخش کشاورزی گردیده است، بنابراین پیشنهاد می‌گردد. که با بهبود عملیات مدیریت، استفاده بهینه از کودها، کنترل آفات، عملکرد در واحد سطح را افزایش داده و با افزایش عملکرد، کارایی انرژی یعنی نسبت انرژی تولیدی به مصرفی را بهبود بخشید. امروزه به دلیل وابستگی شدید کشاورزی مدرن به انرژی فسیلی و با افزایش اخیر قیمت‌ها و کمیاب شدن سوخت‌های فسیلی، باید به سمت استفاده از انرژی‌های تجدیدشونده و جایگزین برای انرژی‌های تجدید ناپذیر حرکت کرد. استفاده از انرژی‌های فسیلی برای تأمین سوخت ماشین‌آلات و همچنین ساخت کود و سایر مواد شیمیایی مورد استفاده

جدول ۱- تاریخ عملیات‌های زراعی برای جو دیم

عملیات زراعی	
جو دیم	
آبان	شخم (۳۰ سانتی‌متر)
اواخر آبان	دیسک (۱)
اواخر آبان	دیسک (۲)
اواخر آبان	اختلاط کود با خاک*
اوایل آذر	کود پایه
اوایل آذر	کاشت بذر
اسفند	کنترل علف‌های هرز
اواخر	کود سرک
-	کنترل بیماری‌های قارچی
اوایل	برداشت

جدول ۲- معادل‌های انرژی برای ورودی‌ها و خروجی‌های مورد استفاده در جو دیم

منبع	معادل انرژی	واحد	ورودی‌ها /
(Canakciet al., 2005; Rathkeet al., 2007)	۱۴/۷	کیلوگرم	بذر جو
(Akcaoz et al., 2009)	۱/۹۶	ساعت	نیروی انسانی
(Ozkan et al., 2004; Akcaoz et al., 2009)	۶۰/۶	کیلوگرم	نیتروژن (N)
(Ozkan et al., 2004; Akcaoz et al., 2009)	۱۱/۱	کیلوگرم	فسفر
(Ozkan et al., 2004; Akcaoz et al., 2009)	۶/۷	کیلوگرم	پتاسیم
(Hydrocarbon balance sheet of Country, Tzilivakis et al., 2005; Rathke et al.,)	۳۸	لیتر	گازوئیل
(Tzilivakis et al., 2005; Rathke et al.,)	۲۸۷	کیلوگرم ماده	علف کش‌ها
(Tzilivakis et al., 2005; Rathke et al.,)	۲۳۷	کیلوگرم ماده	حشره کش‌ها
(Mobtaker et al., 2012)	۱۴/۷	کیلوگرم	دانه جو
(Ghorbani et al., 2011; Givens et	۱۱/۶	کیلوگرم	کاه و کلش
(Strapasta et al., 2006)	۹۹	کیلوگرم ماده	قارچ کش

جدول ۳- مقادیر ورودی‌های مختلف برای تولید جو دیم در شهرستان گرگان

ورودی	واحد	جو دیم
سوخت	لیتر در هکتار	۱۳۰
بذر کود	کیلوگرم در هکتار	۱۵۰
نیترژن	کیلوگرم در هکتار	۱۰۰
فسفر	کیلوگرم در هکتار	۷۰
پتاسیم	کیلوگرم در هکتار	۵۰
علف کش	گرم ماده موثره	۲۰۰
نیروی انسانی عملیات زراعی	ساعت	۱۵
شخم	مرتبه	۱
پخش کود	مرتبه	۱
کاشت با ردیف‌کار	مرتبه	۱
سم پاشی (آفت‌کش و برداشت	مرتبه	۲
	مرتبه	۱

جدول ۴- مقادیر انرژی ورودی (مگاژول در هکتار) به تفکیک گروه زراعی در مزارع جو دیم

جو دیم		
عملیات	میانگین	درصد از
شخم	۱۳۷۹/۴	۱۳
دیسک	۱۹۰۹/۴	۱۸/۱
کود پایه	۱۰۰۴/۶	۹/۵
بذر	۲۲۰۵	۲۰/۹
ردیف‌کار	۱۰۸۳/۳	۱
علف کش	۵۲۱	۵
قارچ کش	-	-
کود سرک	۱۶۹۰/۳	۱۶
برداشت	۷۴۸/۳	۷/۱
کل	۱۰۵۴۱/۴	۱۰۰

جدول ۵- انرژی ورودی مستقیم و غیرمستقیم برای جو دیم در گرگان

جو دیم		
انرژی‌های ورودی	میانگین	درصد از کل
مستقیم		
سوخت برای عملیات	۴۹۴۰	۴۶/۸
نیروی انسانی	۲۵/۵	۰/۳
غیر مستقیم		
کود نیتروژن	۲۰۱۸/۴	۱۹/۱
کود فسفر	۳۲۲	۳
کود پتاسیم	۱۶۰/۸	۱/۵
بذر	۲۲۰۵	۲۱
علف کش‌ها	۱۴۳	۱/۳۵
قارچ کش‌ها	-	-
ماشین آلات	۶۴۳/۶	۶/۱
حمل و نقل	۵۶۶	۵/۳
جمع کل	۱۱۷۹۰/۶	۱۰۰

جدول ۶- شاخص های مختلف انرژی در مزارع جو دیم در شهرستان گرگان

جو دیم	شکل های مختلف انرژی
	ورودی‌ها
۵	انرژی ورودی مستقیم (گیگاژول در هکتار)
۶/۰۶	انرژی ورودی غیرمستقیم (گیگاژول در هکتار)
	خروجی‌ها
۱۱/۷	انرژی خروجی کاه و کلش (گیگاژول در هکتار)
۲۸/۶	انرژی خروجی دانه (گیگاژول در هکتار)
۶۲/۵	انرژی خروجی کل (گیگاژول در هکتار)
۵/۳	نسبت انرژی خروجی به ورودی
۶/۰۴	انرژی ویژه (گیگاژول بر تن)
۰/۱۶۵	بهره‌وری انرژی (تن بر گیگاژول)
۵۰۸۰۴/۵	بازده انرژی خالص (گیگاژول در هکتار)

جدول ۷- پتانسیل گرمایش جهانی (GWP) بر حسب معادل کیلوگرم CO₂ در هکتار) برای تولید جو دیم در شهرستان گرگان

جو دیم		عملیات
درصد	میانگین	
تولید و حمل و نقل		
۱۹/۸	۱۴۶/۹	نیترژن
۳/۶	۲۶/۴	فسفر
۱/۷۷	۱۳/۱	پتاسیم
۱/۹۸	۱۴/۷	آفت کش
۵۲	۳۸۵/۲	سوخت
۱۶/۳	۱۲۱/۲	تولید، حمل و نقل و نگهداری ادوات و
۱۰۰	۷۳۹/۷	کل

جدول ۸- مقادیر پتانسیل گرمایش جهانی در واحد سطح، وزن، انرژی ورودی و انرژی خروجی در مزارع جو دیم در شهرستان گرگان

جو دیم	
۷۳۹/۱	در واحد سطح (کیلوگرم معادل CO ₂ در هکتار)
۳۷۹/۳	در واحد وزن (کیلوگرم معادل CO ₂ در هر تن محصول)
۶۳/۱	در واحد انرژی ورودی (کیلوگرم معادل CO ₂ در گیگاژول)
۱۱/۸	در واحد انرژی خروجی (کیلوگرم معادل CO ₂ در گیگاژول)

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که سوخت مصرفی در جو بیشترین سهم انرژی ورودی را دارد و پس از آن کود مصرفی (نیتروژن، فسفر و پتاسیم) قرار دارد. بنابراین کاهش مصرف سوخت با استفاده از کمباین و استفاده از سیستم های کشت حفاظتی (حداقل خاک ورزی) جهت کاهش میزان توصیه می‌گردد. همچنین رعایت تناوب زراعی و تناوب با گیاهان پوششی که قادر به تثبیت نیتروژن هستند، به عنوان یکی از راهکارهای کاهش مصرف کود توصیه می‌گردد. پیشنهاد می‌گردد که با بهبود عملیات مدیریت، استفاده بهینه از کودها، کنترل آفات، عملکرد در واحد سطح را افزایش داده و با افزایش عملکرد، کارایی انرژی یعنی نسبت انرژی تولیدی به مصرفی را بهبود بخشید.

منابع

احمدی، م. و م. آقاعلیخانی. ۱۳۹۰. تجزیه و تحلیل مصرف انرژی در زراعت پنبه در استان گلستان به منظور ارائه راهکار جهت افزایش بهره وری منابع. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی شماره ۲. ۱۵۸-۱۵۱ ص.

رجبی، م. ح.، ا. سلطانی، ا. زینعلی، و ی. سلطانی. ۱۳۹۱. ارزیابی انرژی مصرفی در تولید گندم منطقه گرگان. مجله پژوهش‌های تولید گیاهی. ۱۹ (۳): ۱۷۱-۱۴۳.

دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد

کشاورزی. ۱۳۹۴. آمارنامه کشاورزی، جلد اول: محصولات زراعی سال ۱۳۹۳ - ۱۳۹۴. انتشارات معاونت امور برنامه‌ریزی، اقتصادی و بین‌المللی، دفتر آمار و فناوری اطلاعات.

عبدالله‌پور، ش.ا و س.زارعی. ۱۳۸۸. ارزیابی بیلان انرژی در مزارع جو دیم استان کرمانشاه. کارشناسی ارشد گروه مکانیک ماشین‌های کشاورزی، دانشگاه تبریز، مجله دانش کشاورزی پایدار شماره ۱.

قهدریجانی، م.، ا. ر. کیهانی، س. ا. طباطبایی‌فر، و ن. امید. ۱۳۸۸. ارزیابی و تعیین نسبت انرژی برای تولید سیب‌زمینی در مناطق مختلف کشت شده غرب اصفهان. مطالعه موردی (فریدون‌شهر). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۶: ۱۹۳-۱۸۳.

کوچکی، ع. و م. حسینی. ۱۳۸۰. تولید انرژی در اکوسیستم های کشاورزی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۱۷ ص.

- Singh, H., D.Mishra, and N.M.Nahar.** 2002. Energy use pattern in production of typical village in arid zone, India-part-I. *Energy Convers agriculture Manage.* 43: 2275-86..
- Soltani, A, M.H.Rajabi, E.Zeinali, and E.Soltani.** 2009. Evaluation of environmental impact of crop production using LCA: wheat in Gorgan. *Elc J. In Persian Crop Prod3*: 201-218.
- Soltani, A., M.H.Rajabi, E.Zeinali, and E.Soltani.** 2013. Energy inputs and greenhouse gases emissions in wheat production in Gorgan, Iran. *Energy.* 50: 54-61.
- Strapatsa, A.V., G.D.Nanos, and C.A.Tsatsarelis.** 2006. Energy flow for integrated apple production in Greece. *Agric. Ecosyst. Environ.* 116: 176-180.
- Sayin, C., M.N.Mencet, and B.Ozkan.** 2005. Assessing of energy policies based on Turkish agriculture: current status and some implications. *Energy Policy.* 33: 2361-2373.
- Singh,G., S.Singh, and J.Singh.** 2004. Optimization of energy inputs for wheat crop in Punjab. *Energy Conversation Management.* 45: 453-465.
- Tzilivakis,J., D.J.Warner, M. May, K.A, Lewis, and K.Jaggard.** 2005. An assessment of the energy inputs and greenhouse gas emissions in sugar beet *Beta vulgaris* production in the UK. *Agric. Sys.* 85: 101-119
- Tipi,T., B.Cetin, and A.Vardar.** 2009. An analysis of energy use and input costs for wheat production in Turkey. *J.Agric. Environ.* 7: 352-356.
- Bonari,E., M. Mazzoncini, and A.Peruzzi.** 1995. Effect of conservation and minimum tillage on winter oilseed rape in a sand soil. *Soil and Tillage Research.* 33: 91-108.
- Canakci,M., M.Topakci, I.Akinci, and A.Ozmerzi.** 2005. Energy use pattern of some field crops and vegetable production: case study for Antalya region, Turkey. *Energy Conversion and Management.* 46:655-666.
- Darlington, D.** 1997. What is efficient agriculture? Available at URL: <http://www.veganorganic.net/agri.htm>.
- Erdal, G., K. Esengun, H. Erdal, and O. Gunduz.** 2007. Energy use and economical analysis of sugar beet production in Tokat province of Turkey. *Energy.* 32:35-41.
- Hatirli, S.A., B.Ozkan, and C. Fert.** 2006. Energy inputs and crop yield relationship in greenhouse tomato production. *Renew Energy.* 31: 427-438.
- Moreno, M.M., C.Lacasta, R.Meco, and C.Moreno.** 2011. Rainfed crop energy balance of different farming systems and crop rotations in a semi-arid environment: Results of along-term trial. *Soil and Tillage Researches* 114:18-27.
- Nassiri, M. and S.Singh.** 2008. Study on energy use efficiency for paddy crop using data envelopment analysis (DEA) technique. *J. Cleaner. Production.* 17: 222-230.
- Rathke, G.W. and W.Diepenbrock.** 2006. Energy balance of winter oil seed rape cropping as related to nitrogen supply and preceding crop. *Euro. Jour. Agronomy.* 24: 35- 44.

- Valadiani, A., A. Hasanzadeh-Ghourtapeh, and R. Valadiani.** 2005. Study of energy balance in dryland wheat seed cultivars in seed reproduction fields and its effect on the environment in East Azerbaijan province. Agriculture Sciences Journal 15: 1-12. (In Persian).
- Tabatabaefar, A., H. Emamzadeh, M. Ghasemi, Varnamkhasti, R. Rahimizadeh, and M. Karimi.** 2009. Comparison of energy of tillage systems in wheat production. Energy. 34:41-45.

Comparison of input, output energy and global warming potential in rainfed barley semi-salty farms of north Gorgan

M.T. Feyzbakhsh^{1*}, M. Mohammadzadeh Chali²

1. Department of Agronomy and Horticulture, Agricultural and Natural Resources Research and Education Center of Golestan, Gorgan, Iran.

2. Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran.

Abstract

Recently evaluation of input, output and global warming potential (GWP) have been extension in sciences of agricultural. For this study 83 farmers were selected for rainfed barely in the north of Gorgan, respectively. The data including (Machines, seeds, fertilizers, fuel and pesticides) were collected by questionnaire. Then fuel, input and output energy, energy evaluation indexes and global warming potential (kg CO₂/ha) were calculated. The results showed that the most direct input energy from fuel in barley was 46.8 percent respectively. Also, the highest indirect input energy in barely was 19.1 respectively that related to fertilizers. The ratio of output to input energy in barely was calculated 5.3. The observed GWP in barely was 739.1 (kg CO₂/ha). The highest GWP for barely was related to nitrogen fertilizer and fuel consumption. Barely the consumption of fuel and fertilizer constitute the high percent of energy consumption and greenhouse gas emissions. So that, the use of devices that reduce fuel consumption, rotation and organic fertilizer can reduce usage energy, increase energy efficiency and reduce global warming potential in barley farms.

Keywords: Field operations, Fuel, Indirect energy, Specific energy

* Corresponding author (feyz_54@yahoo.com)